

Spesifikasi bata beton TiOO sebagai pereduksi polutan udara



© BSN 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Syarat mutu	2
Lampiran A	5
Bibliografi	8
 Gambar 1 Ilustrasi Energy Band Gap.....	 5
Gambar 2 Perbedaan Energy Band Gap pada TiO ₂ jenis <i>rutile</i> dan <i>anatase</i>	6
 Tabel 1 - Persyaratan mutu bahan bata beton TiOO.....	 3
Tabel 2 - Persyaratan mutu fisik bata beton TiOO	4
Tabel 3 - Persyaratan mutu kinerja bata beton TiOO	4

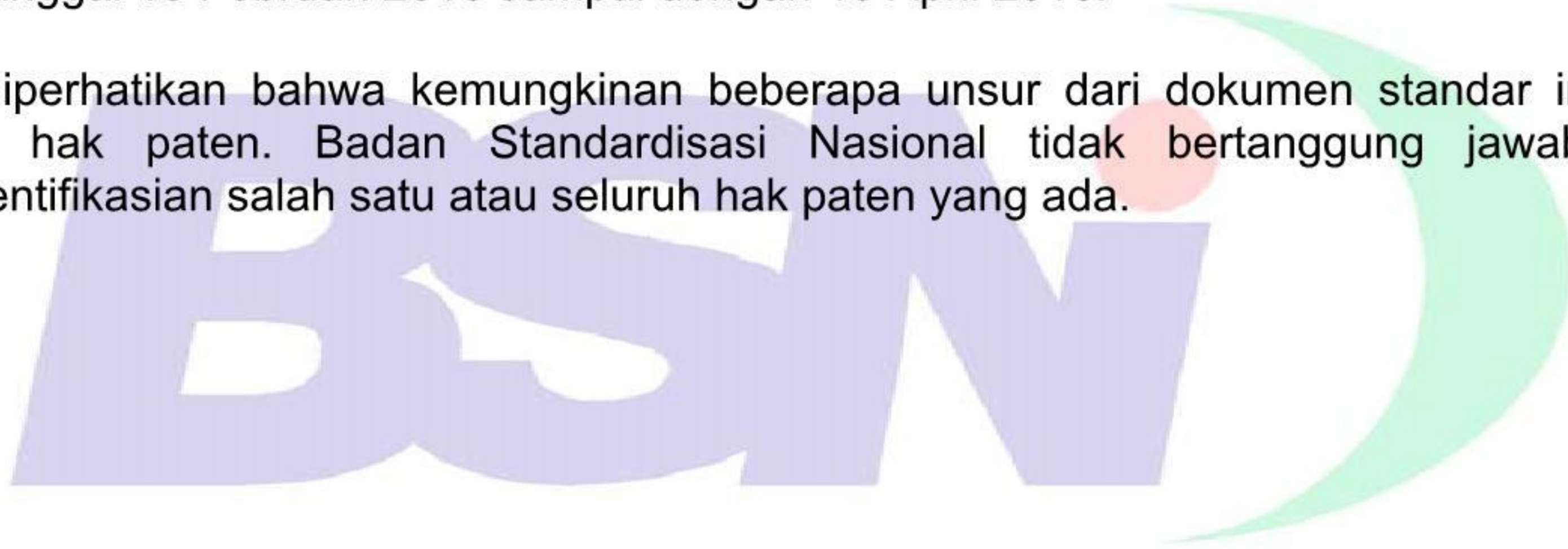
Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8308:2016 dengan judul “Spesifikasi bata beton TiOO sebagai pereduksi polutan udara” ini merupakan hasil pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.

Standar ini disusun untuk memberikan acuan bagi produk hasil inovasi yang spesifikasinya belum tercakup dalam standar yang sudah ada. Bata beton yang spesifikasinya diatur dalam standar ini merupakan diversifikasi produk dari tipe bata beton yang tersedia pada saat ini. Sebagai produk baru, maka spesifikasinya dibuat terpisah dari standar yang sudah ada.

Standar ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan 91-01-S2 melalui Gugus Kerja Teknik Lalu Lintas dan Lingkungan Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Tata cara penulisan disusun mengikuti Peraturan Kepala BSN nomor 4 tahun 2016 tentang Pedoman Penulisan Standar Nasional Indonesia dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 2 April 2015 di Bandung oleh Subkomite Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait serta telah melalui jajak pendapat mulai tanggal 15 Februari 2016 sampai dengan 15 April 2016.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.



Pendahuluan

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan pada tahun 1999 dan 2002 telah melakukan penelitian dan uji coba mengenai material pereduksi polusi udara dengan teknologi fotokatalis berbahan titanium dioksida (TiO_2). Pada penelitian tersebut material yang digunakan adalah pelat kayu dan cat tembok sebagai media penerapan teknologi fotokatalis dengan TiO_2 tersebut. Pada tahun 2011, dikembangkan teknologi fotokatalis berbahan TiO_2 tersebut dalam mereduksi polutan udara (NO_x dan SO_x) dengan media bata beton. Komposit bata beton dan TiO_2 tersebut dinamakan **bata beton TiOO**.

Bata beton merupakan bahan yang sering digunakan sebagai bahan konstruksi untuk trotoar. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan reduksi konsentrasi NO_x antara 10%-91% dan SO_x antara 30%-80% dengan ketebalan lapisan atas bata beton 3 mm, 5 mm, dan 7 mm dan kandungan TiO_2 25%, 50%, dan 75%. Dari data tersebut mendapatkan kinerja dan harga yang optimum yaitu ketebalan lapisan atas 3mm-5mm dengan kandungan TiO_2 25%-50%. Bata beton TiOO telah diaplikasikan di lapangan pada trotoar sebagai fasilitas pejalan kaki di Bandung dengan memperhatikan spesifikasi bata beton agar memenuhi mutu kinerja dan sedikitnya mampu mereduksi konsentrasi polutan NO_x dan SO_x .

Prinsip kerja reduksi polutan udara dengan fotokatalis TiO_2 adalah saat TiO_2 terpapar sinar ultraviolet, menghasilkan pasangan lubang-elektron (*electron-hole*), yang memfasilitasi reaksi reduksi dan oksidasi melalui pembentukan radikal bebas yang terserap di seluruh permukaan TiO_2 . Radikal bebas tersebut adalah zat yang sangat reaktif, mampu menurunkan kadar polutan atau diserap ke permukaan fotokatalitik. Reaksi degradasi tersebut mengubah bahan berbahaya, seperti oksida nitrogen, oksida belerang, VOC (senyawa organik yang mudah menguap) menjadi zat yang tidak berbahaya.

Dari hasil kajian tersebut maka disusun spesifikasi bata beton TiOO sebagai acuan dan pedoman dalam penggunaan konstruksi bata beton khusus untuk pereduksi polutan udara. Spesifikasi ini dapat digunakan sebagai alat verifikasi penerimaan barang dalam kaitannya dengan kontrak pengadaan yang memasukkan bata beton TiOO sebagai material bangunan untuk berbagai keperluan. Selain itu spesifikasi ini dapat dimanfaatkan dalam sertifikasi produk-produk yang ramah lingkungan.



Spesifikasi bata beton TiOO sebagai pereduksi polutan udara

1 Ruang lingkup

Spesifikasi ini menetapkan syarat mutu bahan, fisik, dan kinerja bata beton TiOO.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan standar ini.

SNI 03-0691-1996, *Bata beton (paving block)*

SNI 15-7064-2004, *Semen portland komposit*

SNI 19-7119.2-2005, *Udara ambien - Bagian 2: Cara uji kadar nitrogen dioksida (NO₂) dengan metode Griess Saltzman menggunakan spektrofotometer*

SNI 19-7119.7-2005, *Udara ambien - Bagian 7: Cara uji kadar sulfur dioksida (SO₂) dengan metode Pararosanilin menggunakan spektrofotometer*

SNI ASTM C136-2012, *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*

ASTM D 1394-76-2009, *Standard Test Methods for Chemical Analysis of White Titanium Pigments*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan standar ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

3.1

anatase

salah satu bentuk struktur kristal serbuk *titanium dioksida*, selain *rutile* dan *brookite*

3.2

bata beton (bata beton)

campuran yang terdiri atas semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu

3.3

bata beton TiOO

komposisi bahan bangunan yang lapisan atasnya (*topping/kepala*) dibuat dari campuran semen portland, air, agregat, dan titanium dioksida (TiO₂) serta lapisan bawahnya (*kaki*) mortar dengan memiliki kekuatan tekan minimal 15 MPa atau 180,72 Kg/cm² (K-180,72)

3.4

lapisan atas bata beton (kepala)

lapisan bagian atas bata beton dengan komposisi antara lain: semen, pasir dan *titanium dioksida* dengan ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 7 mm dan kandungan *titanium dioksida* 25%, 50%, dan 75%

3.5

lapisan bawah bata beton (kaki)

lapisan bagian bawah bata beton yang merupakan mortar dengan ketebalan 60 mm, 80 mm, dan 100 mm

3.6

loss on drying test

metode pengujian untuk menentukan jumlah kandungan zat yang mudah menguap dalam sebuah contoh uji saat dikeringkan dalam kondisi tertentu

3.7

loss on ignition test

metode pengujian untuk memperkirakan kandungan zat organik dan kandungan mineral karbon dalam suatu endapan

3.8

mortar

suatu campuran yang terdiri atas semen, agregat halus dan air baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan

3.9

polutan udara

zat, energi dan/atau komponen lain yang masuk ke udara dapat mengakibatkan pencemaran udara

3.10

semen portland komposit

bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan semen dan terak atau *gips* atau bahan organik lainnya yang dilebur dalam tanur tinggi. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland komposit

3.11

waktu pengikatan

waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu pengikatan semen dibedakan menjadi dua:

- (1) waktu pengikatan awal (*initial setting time*), yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan;
- (2) waktu pengikatan akhir (*final setting time*), yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen portland *initial setting time* berkisar 1,0 jam -- 2,0 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1,0 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8,0 jam.

4 Syarat mutu

4.1 Syarat mutu bahan

Mutu bahan bata beton TiOO harus memenuhi persyaratan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 - Persyaratan mutu bahan bata beton TiOO

No.	Uraian	Acuan	Syarat/ketentuan
1.	Semen	SNI 15-7064-2004	1. Syarat Kimia : SO_3 maksimum 4,0% 2. Syarat Fisika: (a) Kehalusan dengan alat blaine: minimal 280 m^2/kg (b) Kekekalan bentuk dengan autoclave: – Pemuaian: maksimum 0,80 % – Penyusutan: maksimum 0,20% (c) Waktu pengikatan dengan alat vical: – Pengikatan awal: minimal 45 menit – Pengikatan akhir: maksimal 375 menit (d) Kuat Tekan: – Umur 3 hari: minimum 125 kg/cm^2 – Umur 7 hari: minimum 200 kg/cm^2 – Umur 28 hari: minimum 250 kg/cm^2 (e) Pengikatan semu: – Penetrasi akhir: minimum 50% (f) Kandungan udara dalam mortar: maksimum 12 % volume
2.	Pasir	SNI ASTM C136-2012	1. Lolos saringan No.8 untuk lapisan atas 2. Lolos saringan No.4 untuk lapisan bawah
3.	Titanium Dioksida (TiO_2)	ASTM D 1394-76-2009	1. Jenis <i>Anatase</i> * 2. Serbuk putih tidak berasa dan tidak berbau 3. Kandungan minimum 98,5 % 4. Derajat Kemurnian: (a) Zat yang larut dalam air (maksimum 0,25 %) (b) Zat yang larut dalam Asam Hidroklorid (0,50%) (c) Logam Berat (maksimum 10 $\mu\text{g}/\text{gr}$ sebagai Pb) (d) Arsenik (maksimum 1,3 $\mu\text{g}/\text{gr}$ sebagai As_2O_3) 5. <i>Loss on Drying</i> /susut dalam pengeringan maksimum 0,50% (105°C, 3 jam) (Lihat Lampiran A) 6. <i>Loss on Ignition</i> /susut dalam pembakaran maksimum 0,50% (bahan kering, 775-825°C) (Lihat Lampiran A) 7. Absorpsi Minyak maksimum 22 ml

CATATAN 1 – Jenis *anatase* dipilih karena memiliki aktivitas fotokatalik yang lebih tinggi daripada *rutile*. Hal ini disebabkan harga *Energy Band Gap* (E_g) TiO_2 jenis *anatase* yang lebih tinggi, yaitu sebesar 3,2 eV (elektron volt) sedangkan *rutile* sebesar 3,0 eV. Harga E_g yang lebih tinggi akan menghasilkan luas permukaan aktif yang lebih besar sehingga menghasilkan fotoaktivitas yang lebih efektif (**Lampiran 1**)

4.2 Syarat mutu fisik

Mutu fisik bata beton TiOO harus memenuhi persyaratan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 - Persyaratan mutu fisik bata beton TiOO

No.	Uraian	Acuan	Syarat/ketentuan
1.	klasifikasi	SNI 03-0691-1996	Mutu C: Digunakan untuk pejalan kaki
2.	visual		1. Permukaan rata (maksimal 2% terhadap bidang datar) 2. Tidak retak-retak dan cacat 3. Bagian rusuk dan sudutnya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan
3.	Ukuran		tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi ± 8 %; termasuk lapisan atas
4.	Kuat Tekan		rata-rata 15 MPa, minimum 12,5 MPa
5.	Ketahanan Aus		rata-rata 0,160 mm/menit, maksimum 0,184 mm/menit
6.	Penyerapan air		rata-rata maksimum 8 %
7.	Ketahanan terhadap natrium sulfat		- Tidak boleh cacat - Kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1 %.

4.3 Syarat mutu kinerja

Mutu kinerja bata beton TiOO harus memenuhi persyaratan seperti pada Tabel 3.

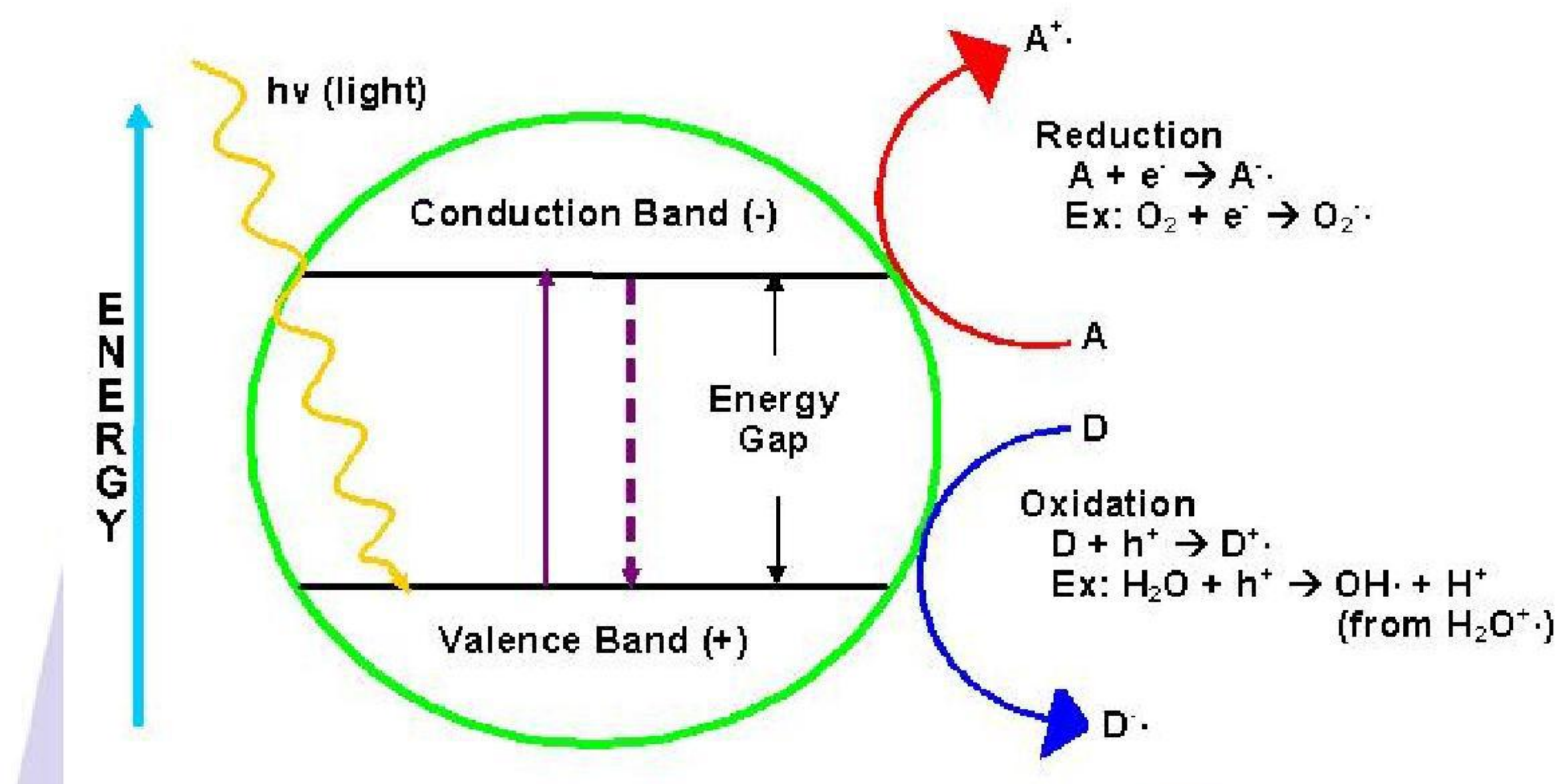
Tabel 3 - Persyaratan mutu kinerja bata beton TiOO

No.	Parameter Kinerja	Metode Uji	Syarat/Kemampuan Reduksi
1.	Reduksi NOx dalam ruang uji (kondisi NOx di udara sebelum dan sesudah dipasang)	SNI 19-7119.2-2005	Minimal 10%
2	Reduksi SOx dalam ruang uji (kondisi SOx di udara sebelum dan sesudah dipasang)	SNI 19-7119.7-2005	Minimal 30%

Lampiran A (informatif) Penjelasan definisi

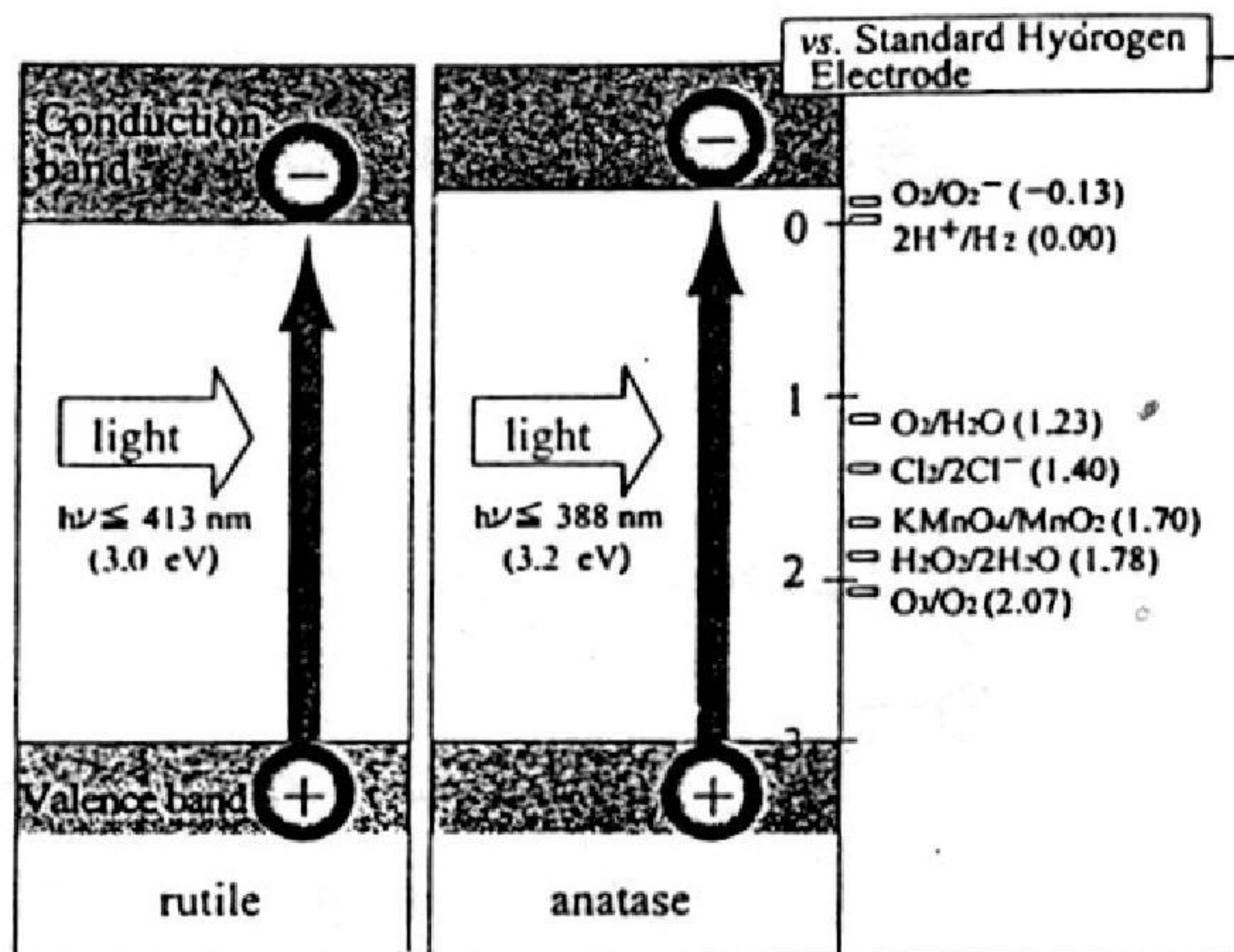
1. *Energy Band Gap/Energy Gag (Eg)*

Energy Band Gap atau *Energy Gap* adalah perbedaan energi antara bagian bawah pita konduksi (*conduction band*) dan bagian atas pita valensi (*Valence Band*) dalam semikonduktor dan isolator. Secara ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi Energy Band Gap

- Kemampuan semikonduktor untuk mentransfer elektron pada molekul yang teradsorpsi tergantung pada posisi pita energinya (pita konduksi dan pita valensi) dan potensial redoks molekul tersebut.
- Potensial reduksi yang relevan untuk molekul penerima elektron adalah keharusan mempunyai potensial reduksi lebih positif yaitu terletak di bawah potensial reduksi pita konduksi semikonduktor (CB).
- Potensial reduksi molekul pendonor elektron harus lebih negatif yaitu terletak di atas potensial reduksi pita valensi semikonduktor (VB).
- Jenis *anatase* dipilih karena memiliki aktivitas fotokatalik yang lebih tinggi daripada *rutile*. Hal ini disebabkan harga *Energy Band Gap (Eg)* TiO_2 jenis *anatase* yang lebih tinggi, yaitu sebesar 3,2 eV (elektron volt) sedangkan *rutile* sebesar 3,0 eV. Harga *Eg* yang lebih tinggi akan menghasilkan luas permukaan aktif yang lebih besar sehingga menghasilkan fotoaktivitas yang lebih efektif (Lihat Gambar 2).



Gambar 2 Perbedaan Energy Band Gap pada TiO_2 jenis *rutile* dan *anatase*

2. Loss on Drying Test

Loss on Drying (LOD) test adalah suatu metode pengujian untuk menentukan jumlah kandungan zat yang mudah menguap (*volatile matter*) dalam sebuah contoh uji saat dikeringkan dalam kondisi tertentu.

Hasil pengujian dapat berupa 1) LOD atau 2) persen zat yang menguap. Persen zat padat dapat juga menggunakan metode pengujian yang sama.

Penjelasan metode

Berat contoh yang diuji mengering pada kondisi tertentu sebagai hasil pengujian. Kondisi yang digunakan biasanya a) pada temperatur 105°C pada tekanan atmosfer atau b) pada temperatur 80°C ruang hampa setara dengan 24 inch pada mercury.

Berdasarkan ASTM D 1394-76-2009 menyebutkan bahwa syarat minimal TiO_2 bisa digunakan dengan LOD test adalah maksimum 0,50% susut.

3. Loss on Ignition Test

Loss on Ignition (LOI) test adalah suatu metode pengujian untuk memperkirakan kandungan zat organik dan kandungan mineral karbon dalam suatu endapan dengan menggunakan persamaan linier antara nilai LOI dan kandungan karbon organik dan anorganik.

Penjelasan metode

Metode ini dilakukan berdasarkan analisis thermal diferensial: zat organik mulai terbakar pada temperatur 200°C dan habis sempurna pada temperatur 550°C dan mineral karbon secara umum akan hancur pada temperatur yang lebih tinggi (Kalsit antara 800 sampai 850°C , Dolomit antara 700 sampai 750°C). Residu hasil pembakaran dihitung sebagai nilai LOI.

Berdasarkan ASTM D 1394-76-2009 menyebutkan bahwa syarat minimal TiO_2 bisa digunakan dengan LOI test adalah maksimum 0,50% susut dengan kondisi kering pada temperatur 775-825°C.



Bibliografi

- 1) Kania Dewi, *Penyisihan Oksida Nitrogen (NO_2) Secara Fotokatalitik Menggunakan Titanium Dioksida (TiO_2)*, Tesis, Institut Teknologi Bandung, Mei, 2000;
- 2) Slamet, *Fotokatalisis*, Bahan Kuliah Kekhususan, Program Pascasarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2008;



Informasi Pendukung Terkait Perumusan Standar

[1] Komtek/SubKomtek perumus SNI

Sub Komite Teknis 91-01-S2, Rekayasa Jalan dan Jembatan

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

Ketua : Ir. Herry Vaza, M.Eng.Sc
Sekretaris : Dr. Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc
Anggota :
1. Prof. Dr.Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc
2. Ir. Abinhot Sihotang, MT
3. Prof. Dr. Ir. Raden Anwar Yamin, MT, ME
4. Ir. Theresia Widia Liestiani
5. Dr. Hindra Mulya
6. Ir. Samun Haris, MT
7. Dr. Imam Aschury

CATATAN:

Susunan keanggotaan Sub Komtek 91-01-S2 diatas adalah pada saat Standar ini ditetapkan. Anggota Komtek yang juga turut menyusun sebelum perubahan keanggotaan, adalah:

1. Ir. Nandang Syamsudin, MT (Sekretaris)
2. Prof. Ir. Wimpy Santosa, Ph.D
3. Ir. Gompul Dairi, BRE, M.Sc

[3] Konseptor rancangan SNI

Nama	Lembaga
Agus Setiawan Solihin, ST.	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.